

Rec'd PST/PTO 02 AUG 2005

28. 1. 2004

10/531460

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

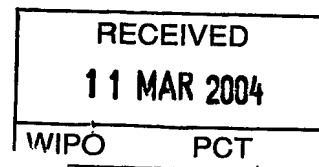
別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application: 2003年 2月 3日

出 願 番 号  
Application Number: 特願2003-025609  
[ST. 10/C]: [JP2003-025609]

出 願 人  
Applicant(s): 川人 祥二

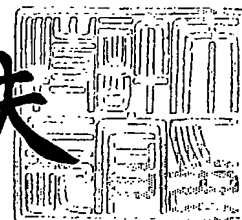


PRIORITY DOCUMENT  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)

2004年 2月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今井康夫



BEST AVAILABLE COPY

出証番号 出証特2004-3013784

【書類名】 特許願

【整理番号】 U02006

【提出日】 平成15年 2月 3日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04N 5/335  
G01S 17/10  
H01L 27/14

【発明者】

【住所又は居所】 静岡県浜松市広沢一丁目 2 2 番 1 2 号

【氏名】 川人 祥二

【特許出願人】

【識別番号】 302021927

【氏名又は名称】 川人 祥二

【代理人】

【識別番号】 100122219

【弁理士】

【氏名又は名称】 梅村 勁樹

【選任した代理人】

【識別番号】 100099379

【弁理士】

【氏名又は名称】 南條 眞一郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 167082

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0300564

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 距離画像センサ

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源からの光を断続的に対象物に投射し、その反射光の遅れ時間から距離を計測する距離画像センサにおいて、対象物からの反射光を電荷に変換する半導体基板に埋め込まれたフォトダイオード構造による受光素子と、半導体基板上のMOS (Metal Oxide Semiconductor)構造による複数のゲート手段と、複数の電荷蓄積ノードと、前記ゲート手段の開閉を制御する制御手段とを具備し、少なくとも2つの前記電荷蓄積ノードすなわち第1の電荷蓄積ノードと第2の電荷蓄積ノードに対して、前記受光素子からの電荷を前記ゲート手段すなわち第1のゲート手段と第2のゲート手段により前記光源からの光の断続動作と同期させて交互に電荷転送して蓄積を行い、前記受光素子からの電荷転送効率を向上させるとともに蓄積電荷の配分比から対象物までの距離を求めることを特徴とする距離画像センサ。

【請求項 2】 さらに第3の電荷蓄積ノードに対して第3のゲート手段を設け、投射光による反射光が存在しない期間に、前記第3のゲート手段を閉じることにより背景光による電荷を前記第3の電荷蓄積ノードへ転送し、背景光除去のための電荷蓄積を前記第3の電荷蓄積ノードに対して行うことを特徴とする請求項 1 記載の距離画像センサ。

【請求項 3】 さらに、前記の各電荷蓄積ノードに対応してサンプリング・ホールド手段を設けてなる請求項 1 または請求項 2 記載の距離画像センサ。

【請求項 4】 光源からの光を断続的に対象物に投射し、その反射光の遅れ時間から距離を計測する距離画像センサにおいて、対象物からの反射光を電荷に変換する受光素子と、該受光素子からの信号電荷が入力される反転増幅器と、第1の容量および該第1の容量に直列に接続される第1のスイッチング手段からなる第1の直列回路と、第2の容量および該第2の容量に直列に接続される第2のスイッチング手段からなる第2の直列回路と、前記第1および第2のスイッチング手段の開閉を制御する制御手段とを備え、前記第1の直列回路を前記反転増幅器の出力と入力間に接続し、かつ、前記第2の直列回路を前記反転増幅器の出力

と入力間に接続して負帰還増幅器を構成し、対象物からの反射光の遅れ時間に依存する信号電荷を前記第1および第2のスイッチング手段の開閉により、前記第1の容量および前記第2の容量に配分することにより、前記受光素子からの電荷転送効率を向上させるとともに前記第1および第2の容量に蓄積された電荷から対象物までの距離情報を得ることを特徴とする距離画像センサ。

【請求項5】 さらに第3の容量および該第3の容量に直列に接続される第3のスイッチング手段からなる第3の直列回路を設け、投射光による反射光が存在しない期間に、前記第3のスイッチング手段を閉じることにより背景光による電荷を前記第3の容量へ転送し、背景光除去のための電荷蓄積を前記第3の容量に対して行うことを特徴とする請求項4記載の距離画像センサ。

【請求項6】 さらに $n$  ( $n=2$ または $3$ )個のゲートと、 $n$ 個のホールド用容量を設け、第 $r$  ( $r=1, 2\cdots n$ )番目のホールド用容量は、第 $r$ 番目のゲートを介して前記反転増幅器の出力に接続され、前記第 $r$ の容量に蓄積された電荷を前記第 $r$ のスイッチング手段の閉と対応して前記第 $r$ 番目のゲートを開くことにより前記第 $r$ 番目のホールド用容量へ転送し、電荷のサンプリング・ホールド動作を行うことにより、全画素同時計算を可能にすることを特徴とする請求項4または請求項5記載の距離画像センサ。

【請求項7】 前記第1および第2の容量または蓄積ノードに蓄積された電荷の和、前記第1乃至第3の容量または蓄積ノードに蓄積された電荷の和、あるいは前記第3の容量または蓄積ノードに蓄積された電荷から、輝度画像信号を得ることを特徴とする請求項1乃至請求項6記載の距離画像センサ。

【請求項8】 さらに、前記第1および第2のゲート手段またはスイッチング手段の開閉を制御する信号を通過させる電圧制御遅延手段を設け、前記蓄積ノードまたは容量に蓄積された電荷の差に基づく信号を、前記電圧制御遅延手段に制御信号として前記電荷の差が零に近づくような極性で与えて、負帰還ループを構成することを特徴とする請求項1または請求項4記載の距離画像センサ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】

本発明は、光の速度が既知であることを利用し、光を対象物に照射したのち、対象物からはね返ってきた光を受け、その遅れ時間を計測することで対象物までの距離を測定する技術に関する。

#### 【0002】

##### 【従来の技術】

光の速度は、 $3 \times 10^8$  m/sである。これが既知であるので、光を放って、対象物からはね返ってきた光を受け、その遅れ時間を計測することで、対象物までの距離を測定することができる。TOF (Time-of-flight) 法とは、この光の飛行時間を測定することで対象物までの距離を測る方法である。その遅れ時間の計測の分解能と、距離の分解能の関係は、表1のようになる。

#### 【0003】

【表1】

遅れ時間計測分解能	計測距離分解能
10 $\mu$ s	1.5 km
1 $\mu$ s	150 m
100 ns	15 m
10 ns	1.5 m
1 ns	15 cm
100 ps	1.5 cm
10 ps	1.5 mm
1 ps	0.15 mm

表1 TOF法による遅れ時間計測分解能と距離分解能の関係

#### 【0004】

表1からは測距分解能とともに、遅れ時間計測範囲に対する距離計測範囲を読み取ることができ、たとえば遅れ時間計測範囲が1  $\mu$ sで、遅れ時間計測分解能が、1 nsのものができれば、150 mの範囲を15 cmの分解能で測定でき、車載用の距離センサとして利用可能である。

#### 【0005】

関連する従来法としては、3件報告されている。

(1) Inventer:Cyrus Bamji, Assignee:Canesta Inc.,  
"CMOS-Compatible Three-dimensional image sensor", US Patent No. US63239  
42 B1,  
Nov. 27, 2001

(2) R. Lange, P. Seitz, A. Biber, S. Lauxtermann, " Demodulation pixels in CCD and CMOS technologies for time-of-flight ranging ", Proceedings of SPIE, Vol. 3965, pp. 177- 188, (2000).

(3) Ryohei Miyagawa, Takeo Kanade, " CCD-based range-finding sensor ", IEEE Trans. Electron Devices, vol. 44, no. 10, pp.1648-1652, (1997).

#### 【 0 0 0 6 】

(1)の方式は、パルス光を投影し、受光した信号のパルスのピークを検出することでパルスの波形を整形し、高速なパルスを用いて遅れ時間をデジタル的に計測するものである。この場合、受光した信号をパルスにできるためには、光の明るさが十分ないと実現できず、用途が限られる。

(2)と(3)は、方式としては近いものである。

(2)の方式は、C C DとC M O Sと一体化したプロセスで実現するものであり、2 0 M H zの高い周波数の変調光を用いて、C C Dの電荷転送を利用し、変調光と同期して2つのノードに高速に交互に電荷転送し、2つのノードへの電荷の配分比が変調光の遅れ時間に依存することを利用する。C C DとC M O Sの混在プロセスが必要であるため、コストが高くなる。

(3)の方式は、C C Dの構造を利用し、パルス変調された変調光で発生した電荷を、2つのノードに交互に転送し、その配分比が、変調光の遅れ時間に依存することを利用する。これもC C Dを利用するため、特殊な製造工程が必要となる。

#### 【 0 0 0 7 】

【特許文献1】 米国特許 6 3 2 3 9 4 2 号明細書

【非特許文献1】 R. Lange, P. Seitz, A. Biber, S. Lauxtermann, "Demodulation pixels in CCD and CMOS technologies for time-of-flight ranging", Proceedings of SPIE, Vol. 3965, pp. 177- 188, (2000)

【非特許文献2】 Ryohei Miyagawa, Takeo Kanade, " CCD-based range-finding sensor", IEEE Trans. Electron Devices, vol. 44, no. 10, pp.1648-1652, (1997)

#### 【 0 0 0 8 】

【発明が解決しようとする課題】

従来の光の飛行時間を測定することで対象物までの距離を測る方法は、感度が低いか、製造工程が複雑なものであった。また、いずれも背景光を除去することは考慮されていない。

#### 【0009】

##### 【発明の概要】

標準的なCMOSプロセスまたはCMOSイメージセンサのための比較的簡単な工程を追加することにより、または回路を追加することで、比較的安価に電荷転送と電荷蓄積(積分)を実現でき、これにより感度の高い距離画像センサを得ることを本発明者は考案した。また、本発明の一実施例では、背景光の影響を取り除くことができるので、通常的环境下で使用できる。

発明のポイントは以下のとおりである。

#### 【0010】

電荷転送と電荷蓄積(積分)を実現しつつ対象物までの距離を測る方式は大きく分けて2つ考えられる。1つは埋め込みフォトダイオードを用いて完全空乏化するデバイス構造を利用し、その電荷を2つのノードに高速に交互に電荷転送および蓄積し、その配分比が変調光の遅れ時間に依存することを利用する。もう1つは、特殊なデバイス構造は利用せず(より低コストになる)、フォトダイオードで発生した電荷を、変調光に同期して、アンプを用いて、2つの容量に交互に電荷転送し蓄積する。このとき、その配分比が変調光の遅れ時間に依存することを利用する。

#### 【0011】

埋め込みフォトダイオードの構造を用いて2つのノードに電荷配分を行う原理は、従来法の(3)に原理がかなり近い。しかしながら、従来法の(3)はCCDデバイスであるので、CMOSの処理回路との混在はできない。埋め込みフォトダイオードは高画質のCMOSイメージセンサの標準的な技術になりつつあり、本願構成で採用するCMOS構造において、比較的低コストで性能の高いCMOSイメージセンサ技術を用いて、距離画像センサが実現できる利点を有する。

#### 【0012】

従来のいずれの方法も、そのままでは背景光を除去することは考慮されてい



い。本発明の実施例では、背景光の影響を取り除くことができるので、通常で環境で利用することができる。背景光の除去方法として、3つの方法を提案する。

#### 【0013】

(a) 電荷蓄積のノード（あるいは容量）を3つもち、その内の2つは、変調光の遅れによって、電荷配分の比率が変わるようにタイミングを選び、残りの1つは、常に変調光がOFFになっているタイミングにすることで、背景光のみによる信号を蓄積するようにする。これを用いて、変調光の遅れの情報を含む信号から、背景による成分を差し引くことで、背景の影響を除去する。非常に高速にこれらを切り替えるため、3つのノードでの背景光の同一性が高い。しかし、画素回路がやや複雑になる点と、暗電流の影響が残る点が課題としてある。

#### 【0014】

(b) 電荷蓄積ノード（あるいは容量）は2つだけとする。画像を高速に読み出すことを考え、その高速の画像をさらに2つの時間帯に分ける。最初の時間帯では、変調光を投射して、2つの電荷蓄積ノードの信号（変調光の遅れに依存した信号）を取り出し、後の時間帯では、変調光をOFFし、背景光だけによる2つの電荷蓄積ノードの信号を取り出す。これらの信号を用いて処理することで、背景光の影響が除くことができる。ただし、2つの時間帯で、背景が変化する場合には、完全に取りきれない可能性もある。しかし、最終的には、高速に読み出して計算した値に対して平均値処理で求めるため、この処理により、背景光の影響をより少なくすることができる。

#### 【0015】

(c) 変調光の遅れ時間に依存する2つの電荷蓄積ノードの信号の差を求め、これを積分器で増幅して、電圧制御遅延回路の制御電圧として与える。遅延回路の出力パルスにより、2つの電荷蓄積ノードへの電荷転送のタイミングを制御し、負帰還回路とすることで、2つの電荷蓄積ノードの信号は同じになる。このときの積分器の出力電圧が、遅延時間に依存していることを利用する。この場合には、2つのノードの差だけをみて、遅延時間を直接測定している回路となり、背景分が差し引かれるので、背景の影響が自動的に取り除かれる。ただし、回路が複雑になる。

このように、それぞれ一長一短がある。

#### 【0016】

##### 【実施例】

まず、最も簡単な図1のブロック図の場合を例にとり、背景が除去されながら、光の飛行時間が測定できる原理について説明する。これは上の原理の(b)に対応する。図2は、各画素の構造図であり、図3はその等価回路である。図4に各画素の回路での動作タイミング図を示す。高速に画像を取得する周期を $T_h$ とする。これをパルス変調光を投射する期間 $T_{hL}$ と変調光をOFFする期間 $T_{hD}$ に分ける。変調光を投射する期間では、光源は、ある周期をもつ繰り返しパルスで駆動されて発光する。これを対象物に照射する。その反射光による像を、レンズを介して距離画像センサに結像する。

#### 【0017】

各画素には埋め込みフォトダイオードがあり、蓄積された電荷を2つの拡散層(n+)へ制御信号線TX1(以下「TX1」と略す)と制御信号線TX2(以下「TX2」と略す)によるゲート構造によって交互に電荷転送し電荷蓄積を行う。このとき埋め込みフォトダイオードは、TX1またはTX2に高い電圧が加えられたとき、n形の領域が完全に空乏化されるように作っておく。これにより、高速に電荷が伝送される。変調光の周波数は高くする程、光飛行時間測定の分解能が上がるため、1MHz以上の高い周波数でTX1とTX2の制御を行わなければならない高速の電荷転送は必須である。また、この構造により電荷転送効率が向上する。

#### 【0018】

いま遅れがなければ、TX1を開くときと光源の照射のタイミングが完全に一致し、TX1の側だけに、電荷が転送される。変調光の到来に遅れ時間があると、TX2側に一部の電荷が転送される。いま光源の発光している時間の幅を $T_o$ とし、(発光していない時間幅も $T_o$ )、光源の遅れ時間を $T_d$ 、変調光により発生する光電流を $I_p$ 、背景光により発生する光電流を $I_b$ 、2つの電荷蓄積ノードで発生する暗電流をそれぞれ、 $I_{d1}$ 、 $I_{d2}$ とする。また、電荷から電圧への変換利得を $G_c$ とし、信号を取り出すまでの電荷転送の回数を $N$ とすると、それぞれの

ノードでの信号電圧  $V_1$ ,  $V_2$  は以下ようになる。

$$V_1 = G_c \cdot N (I_p(T_o - T_d) + I_{d1} \cdot 2 T_o + I_b \cdot T_o) \quad (1)$$

$$V_2 = G_c \cdot N (I_p \cdot T_d + I_{d2} \cdot 2 T_o + I_b \cdot T_o) \quad (2)$$

【0019】

次に、変調光を OFF し、同じ時間同じ処理を行ったときの2つのノードの電圧を  $V_1'$ ,  $V_2'$  とする。このとき、

$$V_1' = G_c \cdot N (I_{d1} \cdot 2 T_o + I_b \cdot T_o) \quad (3)$$

$$V_2' = G_c \cdot N (I_{d2} \cdot 2 T_o + I_b \cdot T_o) \quad (4)$$

となる。ここで、

$$A = V_1 + V_2, B = V_1' + V_2', C = V_1 - V_1', D = V_2 - V_2' \quad (5)$$

とすると

$$A - B = G_c \cdot N \cdot I_p \cdot T_o \quad (6)$$

$$D - C = G_c \cdot N \cdot I_p (2 T_d + T_o) \quad (7)$$

となり、これらは、暗電流と背景の成分を含まない。式(6)(7)から、パルス光の飛行時間を以下のように計算することができる。

【0020】

【数1】

$$T_d = \frac{1}{2} T_o \left[ 1 + \frac{D - C}{A - B} \right] \quad (8)$$

図4に示すように1つの高速画像の取得の周期で、この飛行時間が計算される。この時間は、微小な信号により計算されるためノイズの影響を受けており、これを何フレームにもわたって平均値処理をすることでノイズの影響が低減でき、精度が上げられる。M回平均化する場合、次式のようになる。

【0021】

【数2】

$$T_d = \frac{T_o}{2} + \frac{T_o}{2M} \sum_{i=1}^M \left[ \frac{D_i - C_i}{A_i - B_i} \right] \quad (9)$$

ここで、 $A_i$ ,  $B_i$ ,  $C_i$ ,  $D_i$ は  $i$  回目の高速フレームでの前記  $A$ ,  $B$ ,  $C$ ,  $D$  の値である。

図2の場合、電荷蓄積ノードが  $n+$  になり、この部分で発生するリセットノイズを除去することができないため、ノイズレベルが高くなり、また暗電流も大きい。暗電流は上の処理で除去できても、暗電流によるショットノイズは除去できないので、ノイズが大きくなる。そこで、図5に示すように  $TX$  を開いた先に1段だけの  $CCD$  の構造を用い、制御信号線  $ST$  の電極の直下に電荷をいったん蓄積し、読み出しのときの  $n+$  に電荷転送して読むようにすれば、これらの問題がなくなる。ただし、構造が複雑になるため、製作コストが上がる。

### 【0022】

次に、図6に示すように、電荷転送用の  $TX$  が3つある構造での背景光の除去と光飛行時間の測定原理を説明する。タイミング図を図7に示す。

図7に示すように、3つのノードのうち1つに変調光の遅延時間に関係した信号成分を取り出し、3つ目の蓄積ノードには、変調光が発光していないタイミングのときの電荷だけを取り込む。暗電流を、それぞれ、 $I_{d1}$ ,  $I_{d2}$ ,  $I_{d3}$  とし、3つ目の電荷蓄積ノードでの信号電圧を  $V_3$  とすると次式がなりたつ。

$$V_1 = G_c \cdot N (I_p(T_o - T_d) + I_{d1} \cdot 3 T_o + I_b T_o) \quad (10)$$

$$V_2 = G_c \cdot N (I_p T_d + I_{d2} \cdot 3 T_o + I_b T_o) \quad (11)$$

$$V_3 = G_c \cdot N (I_{d3} \cdot 3 T_o + I_b T_o) \quad (12)$$

この方式では、暗電流は除去できないため、暗電流が問題にならない場合に使用できる。そこで暗電流の項を無視して考える。 $A = V_2 + V_1$ ,  $B = V_2 - V_1$  とすると、 $T_d$  は以下のように求められる。

### 【0023】

#### 【数3】

$$T_d = \frac{T_o}{2} \left[ 1 - \frac{B}{A - 2V_3} \right] \quad (13)$$

次に、アンプ負帰還による電荷転送を用い、変調光の遅延に依存した電荷蓄積を行う方式について説明する。

## 【0024】

図8に利得Aを有する反転増幅器を用いたアンプ負帰還型の回路を示す。

その動作タイミングは、図4と同じである。 $\phi 1$ と $\phi 2$ は、互いにオーバーラップしないクロックである。最初、 $\phi R$ によるスイッチをオンにしながら、 $\phi 1$ と $\phi 2$ によるスイッチをオンにすることで、C1, C2の電荷のリセットを行う。その後、パルス変調光の周波数に同期して $\phi 1$ と $\phi 2$ を交互にオンする。このとき、C1とC2に転送される電荷Q1, Q2は、以下の関係がある。

## 【0025】

$$Q1 = I_p(T_o - T_d) + I_{d1} \cdot 2T_o + I_b \cdot T_o \quad (14)$$

$$Q2 = I_p \cdot T_d + I_{d2} \cdot 2T_o + I_b \cdot T_o \quad (15)$$

これをN回繰り返して、アンプの出力で観測すれば、C1, C2をアンプに接続したときの電圧V1, V2は、以下のようになる。

## 【0026】

## 【数4】

$$V_1 = \frac{1}{C_1} N (I_p (T_o - T_d) + I_{d1} 2T_o + I_b T_o) \quad (16)$$

## 【数5】

$$V_2 = \frac{1}{C_2} N (I_p T_d + I_{d2} 2T_o + I_b T_o) \quad (17)$$

## 【0027】

つまり、先に説明した埋め込みフォトダイオードを用いたものと同じ原理(図2)で動作し、パルス変調光の飛行時間(遅れ時間)を計算できるとともに、背景除去も同様な処理によって可能である。

図8を画素回路として用いた距離画像センサ全体の構成は、図9のようになる。

また、図10に示すように、C3と直列に $\phi 3$ で制御されるスイッチを設け、タイミングを図7と同じにし、パルス変調光が発光していないときの背景光だけ

による電荷をC3に記憶するように $\phi 3$ を制御する。これにより、図6の場合と同じ原理で、背景光を除去しながら、パルス変調光の飛行時間を計算することができる。

アンプ負帰還による電荷転送を用いることにより、受光素子で発生した光電荷の転送効率が向上するとの効果がある。

#### 【0028】

次に、比較的高速に動く物体に対する距離を測定、或いは車載用など距離画像センサ自体が移動体によって使用されるような場合、全画素同時に距離測定がなされないといけない。このためには、図8あるいは、図10の回路に、負帰還アンプの出力に、サンプル&ホールド回路を設けた図11の回路とする。

次に、遅延同期ループを用い、背景の影響をなくした距離画像センサの原理を説明する。

#### 【0029】

図12に、そのブロック図を示す。画素回路は、フォトダイオード(PD)、電荷電圧変換回路、積分器、電圧制御パルス遅延回路、及び電圧読み出し用バッファアンプからなる。電荷電圧変換回路には、先に述べた、図2、図5の埋め込みフォトダイオードを用いて、垂直信号線に出力する代わりに、電流源負荷だけを接続したもの、或いは、図8で出力バッファを取り除いたものを使用する。

#### 【0030】

基本原理は同じなので、電荷電圧変換回路として、図2の回路に電流源負荷を接続した場合について説明する。その2つの出力の差を求めた値を、一定時間ごとにサンプルし、積分器に与える。サンプルしたあとは、電荷電圧変換回路の信号電荷をリセットする。この積分器は、遅延同期ループの安定化のために必要である。積分器の出力で、電圧制御遅延回路のパルスの遅延時間を制御する。その出力パルスで、電荷転送のためのTX1、TX2を制御する信号を生成する。動作タイミング図を、図13に示す。

#### 【0031】

変調光の遅延時間が大きいときには、電荷蓄積ノード1の出力が大きくなり、電荷蓄積ノード2の出力が小さくなる。積分器がノード2の出力電圧からノード

1 の出力電圧を引いた値を積分するようにしてあると積分器の出力電圧が低下し、この電圧で制御される電圧制御遅延回路のパルスの遅れ量が大きくなり、これによってノード 1 の電荷転送時間が増え、ノード 2 の電荷転送時間が減る。つまり、負帰還ループになっている。

### 【0032】

最終的に平衡するのは、ノード 1 とノード 2 への電荷転送の時間が同じになった場合であり、このとき、電圧制御遅延回路のパルスの遅延が、パルス変調光の遅延量に同期していることになる。その電圧制御遅延回路の制御電圧は、その遅延量に比例するため、その制御電圧を読み出すことで、パルス変調光の遅延量を測ることができる。

### 【0033】

この方式では、2つのノードに蓄積される電荷  $Q_1$ 、 $Q_2$  は、転送を  $N$  回繰り返すと以下ようになる。

$$Q_1 = N(I_p(T_s - T_d) + I_b T_o) \quad (18)$$

$$Q_2 = N(I_p(T_o + T_d - T_s) + I_b T_o) \quad (19)$$

ここで  $T_s$  は、電圧制御遅延回路によるパルスの遅延時間である。

### 【0034】

その差に比例した電圧を取り出し、積分器で増幅する。その直流利得が十分大きいとすると積分器の直流出力は、次式のように表される。

$$V_{cont} = A(2T_s - 2T_d - T_o) \quad (20)$$

$V_{cont}$  と電圧制御遅延回路の遅延時間  $T_s$  の関係は、

$$T_s = T_{s0} - k V_{cont} \quad (21)$$

と表せる。式(21)を(20)に代入して整理し、 $kA \gg 1$  であれば

### 【0035】

#### 【数6】

$$V_{CONT} = \frac{A}{1 + 2kA} (2T_{s0} - 2T_d - T_o) \doteq \frac{1}{k} (T_{s0} - T_d - T_o/2) \quad (22)$$

となる。すなわち、制御電圧は、変調光の遅延時間を直接反映したものになる。

この電圧を読み出せばよい。

この回路では遅延同期ループ内に安定化のための積分器が設けられているが、これはよく知られているようにローパスフィルタで代替することができる。

これらの処理回路はCMOSで構成できるので、CMOSイメージセンサの基板上に一体で集積化することができる。これにより、コンパクトな距離画像センサを構成することができる。

#### 【0036】

以上画像情報から距離情報を取り出すことを述べたが、本願構成によれば2つの容量に蓄積された信号V1およびV2を得て、この信号から距離情報を算出しているため、同時に輝度画像情報を得ることができる。

つまり、式(1)のV1と式(2)のV2の和を求めれば、これが対象としている物体の輝度情報となるためである。また、図6や図9の回路を図7に示すタイミングで動作させた場合では式(12)のV3が背景の輝度信号となるので、これそのものを対象物の輝度画像信号とすることもできるし、照射した光による反射光も利用するために式(10)のV1、式(11)のV2、式(12)のV3を全て加算することにより輝度画像信号を得ることもできる。

#### 【0037】

##### 【発明の効果】

以上述べた構成により、感度が向上するとともに背景光や暗電流の影響を取り除くことができるので、光の飛行速度を利用した距離測定用画像センサを、通常的环境中で利用することができる。また、距離画像情報とともに輝度画像信号を得ることもできる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図1】 TOF測距センサのブロック図

【図2】 埋め込みフォトダイオードを用いたCMOS距離画像センサの画素構造(1)

【図3】 図2に示す構造の等価回路

【図4】 動作タイミング(図2の回路)

【図5】 CMOS距離画像センサの画素構造(2)



【図 6】 CMOS 距離画像センサの画素構造(3) (背景光除去)

【図 7】 図 6 に示す構造を用いる場合の動作タイミング図

【図 8】 アンプ負帰還による電荷転送を用いた変調光遅延時間依存電荷電圧変換回路

【図 9】 アンプ負帰還による電荷転送を用いた距離画像センサの全体の構成

【図 10】 図 8 に背景信号記憶用容量(C3)を追加した構成

【図 11】 図 8 にサンプル&ホールド回路を設け、全画素同時距離計算を可能とした構成

【図 12】 電圧制御遅延回路を用いた背景除去距離画像センサのブロック図

【図 13】 各画素の処理の動作タイミング図

【符号の説明】

P D フォトダイオード

R リセット用制御信号線

S 信号読み出し用制御信号線

S T ポテンシャル井戸形成用制御信号線

S/H サンプル・ホールド回路

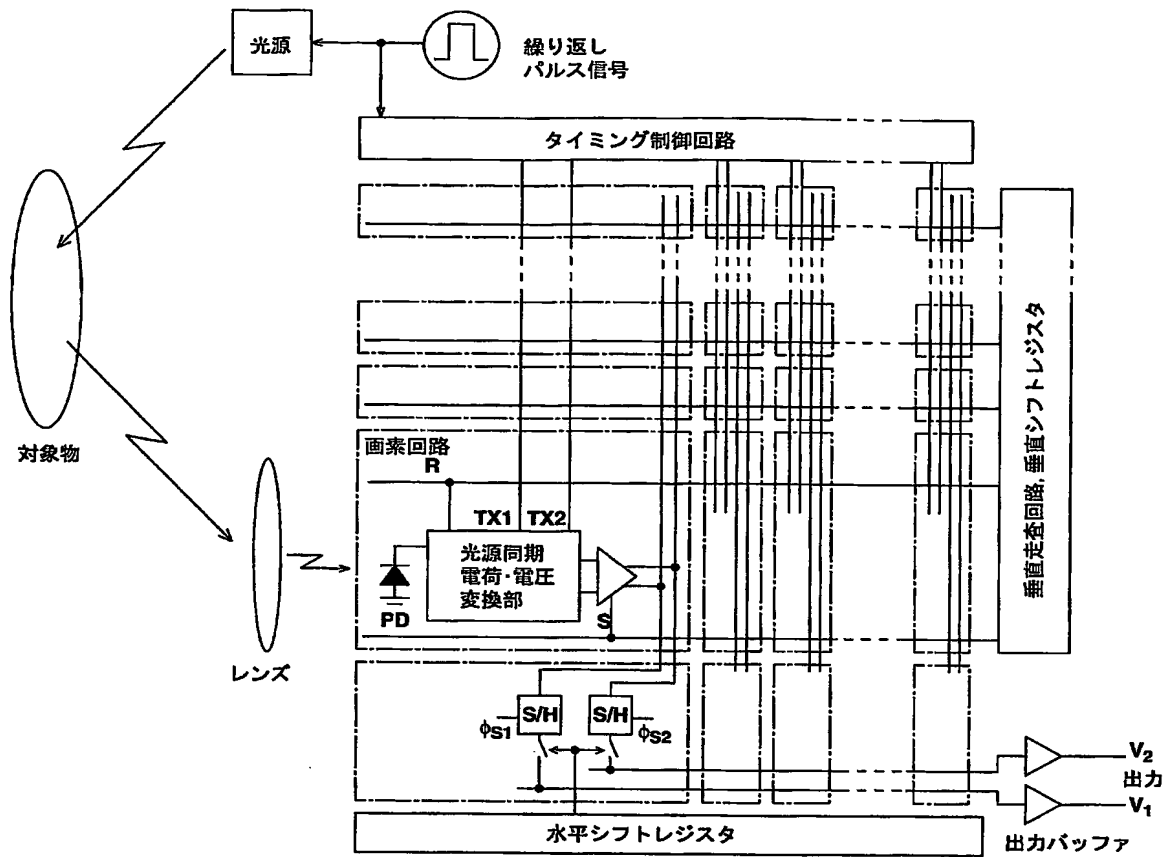
T d 反射光の遅れ時間

T X 1, T X 2 転送ゲート用制御信号線

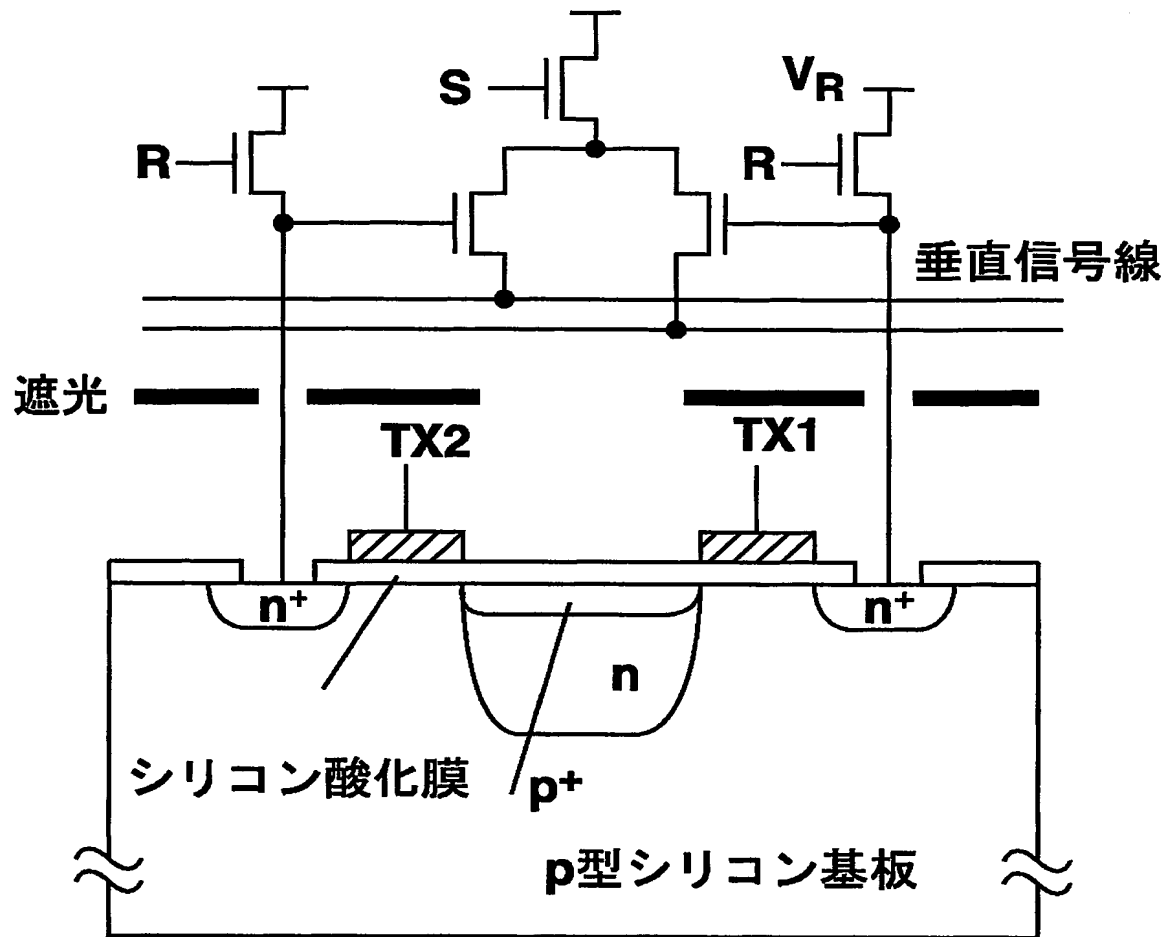
V R リセット用基準電位

【書類名】 図面

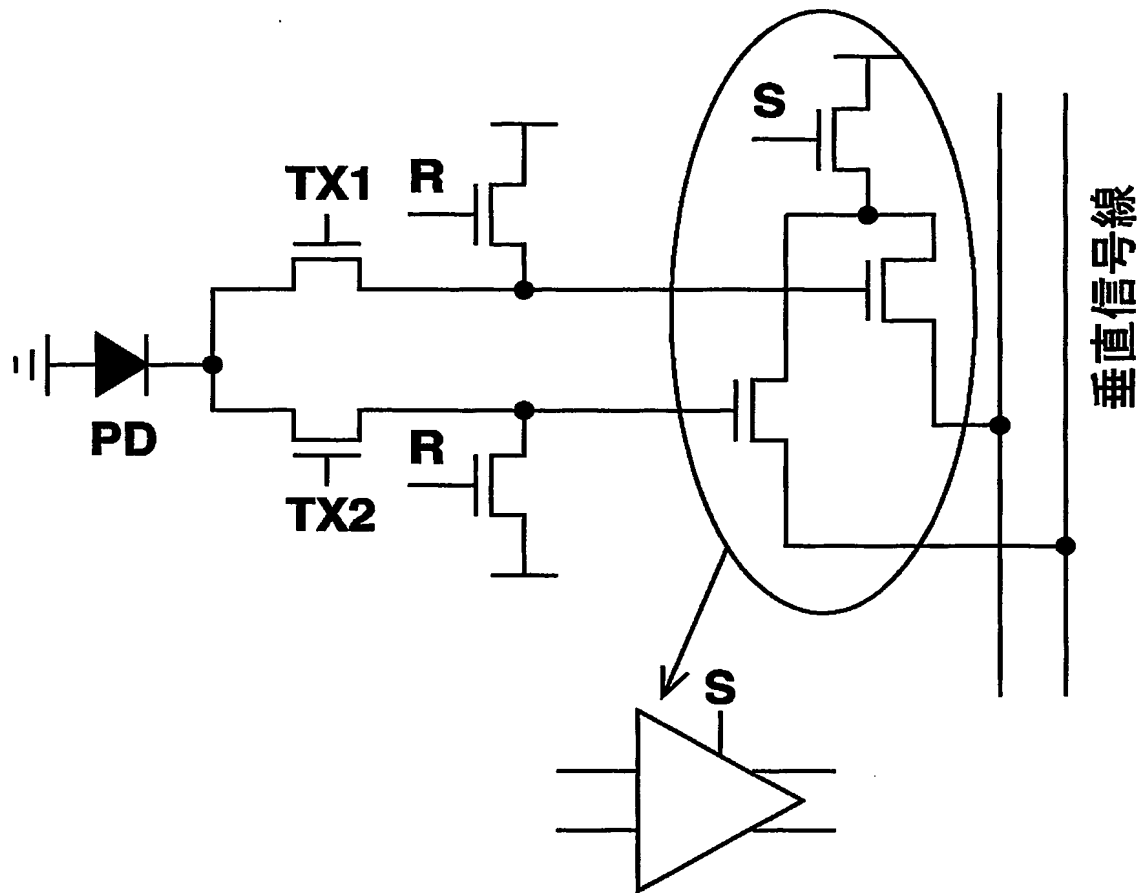
【図 1】



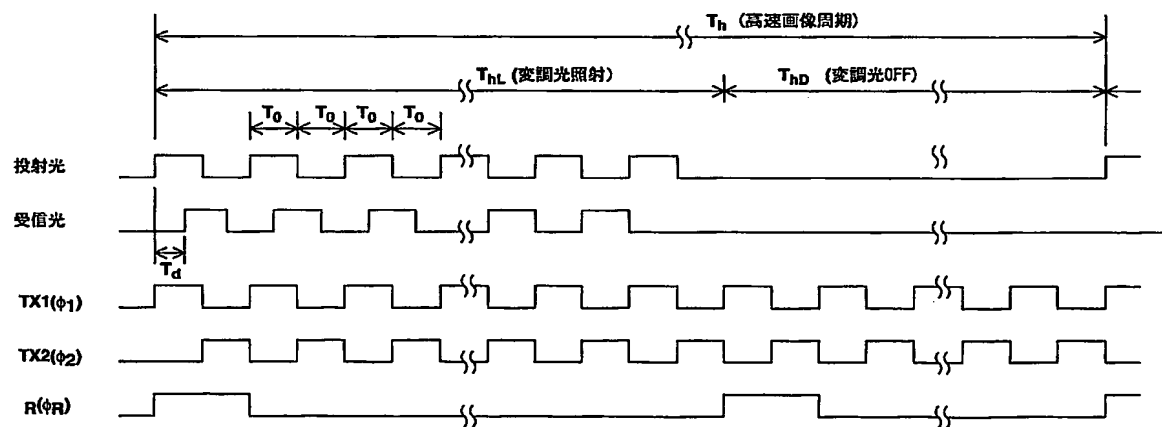
【図 2】



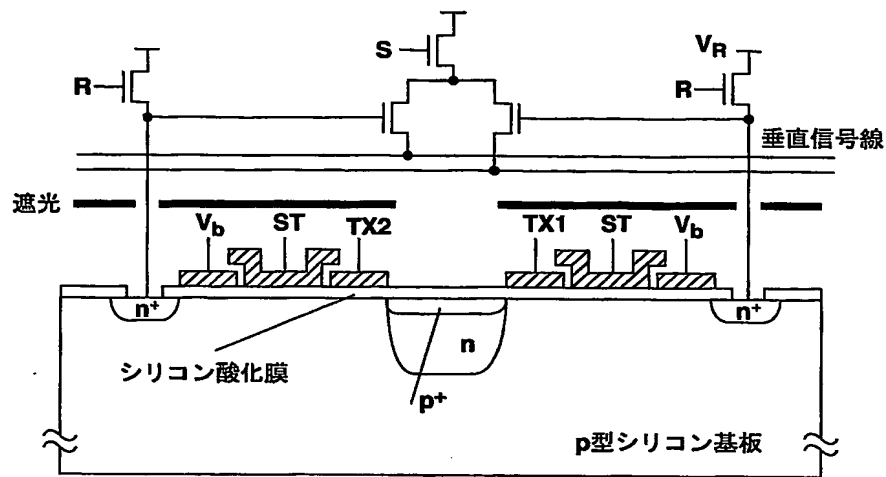
【図 3】



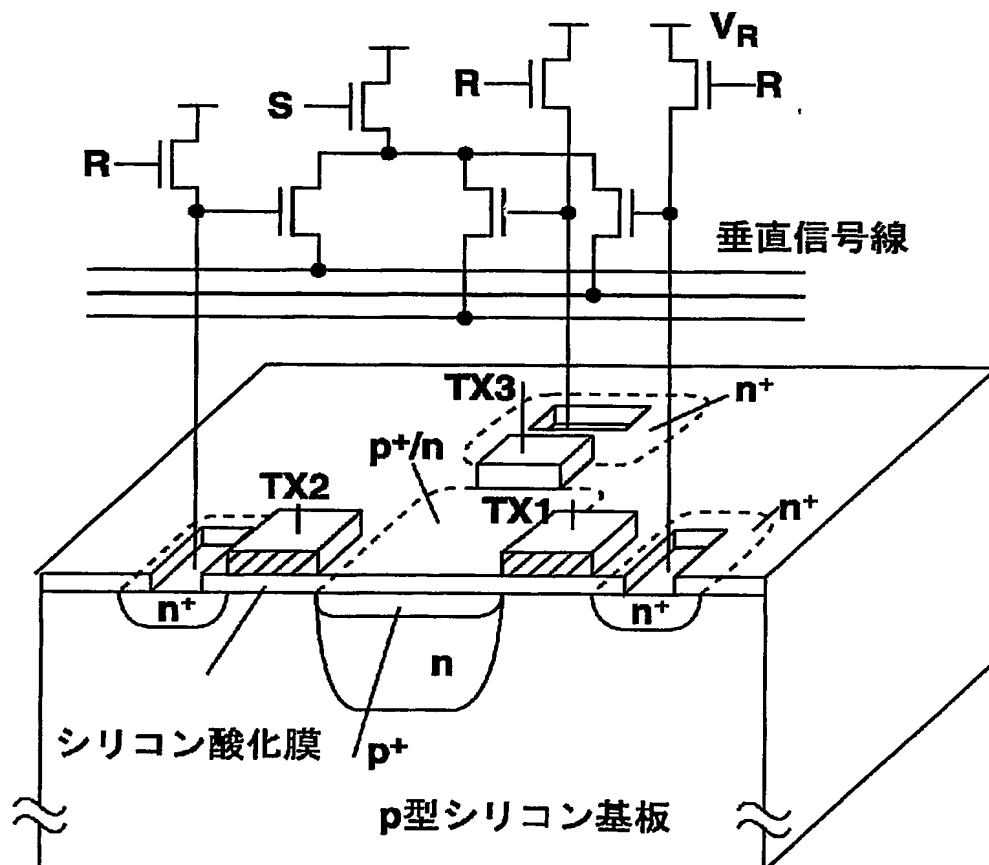
【図 4】



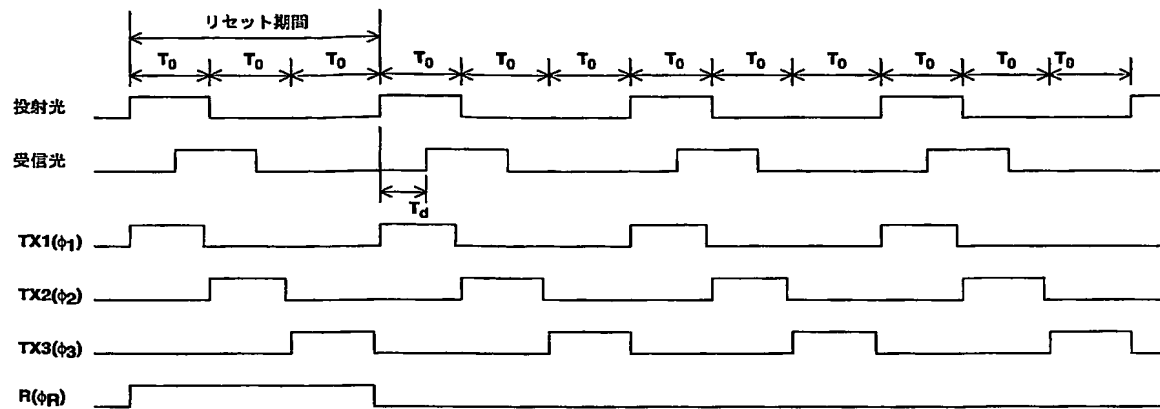
【図 5】



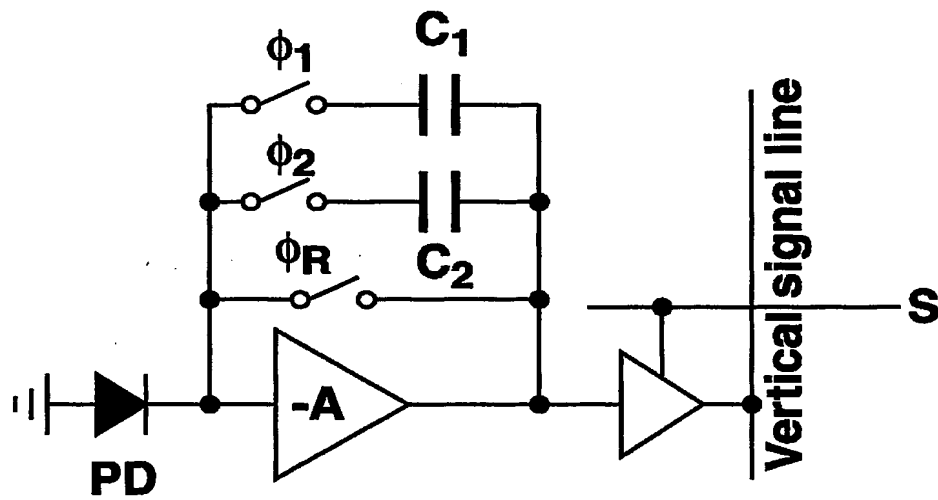
【図 6】



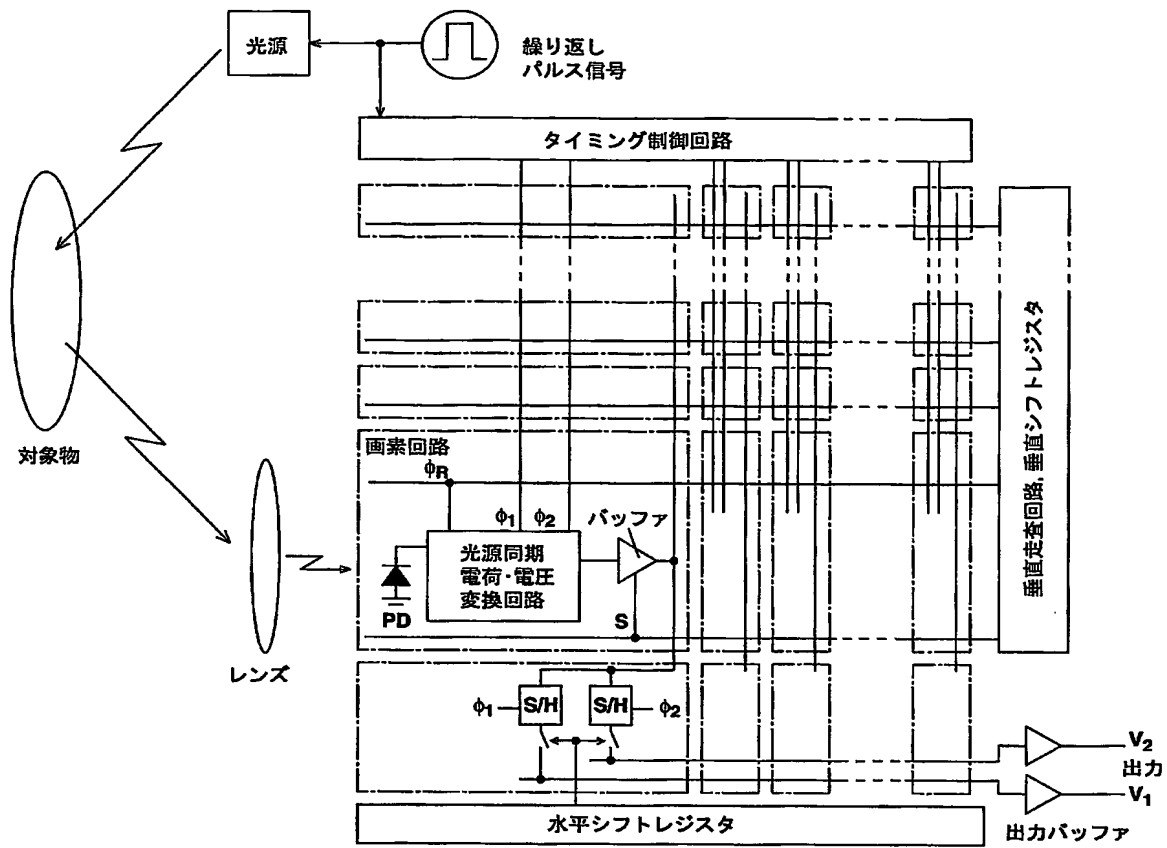
【図 7】



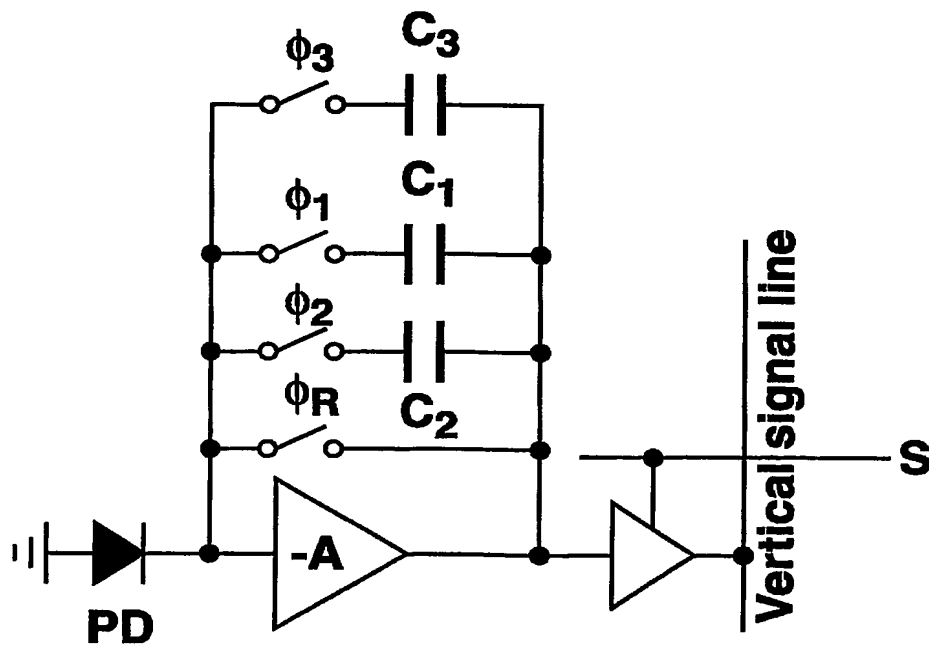
【図 8】



【図 9】



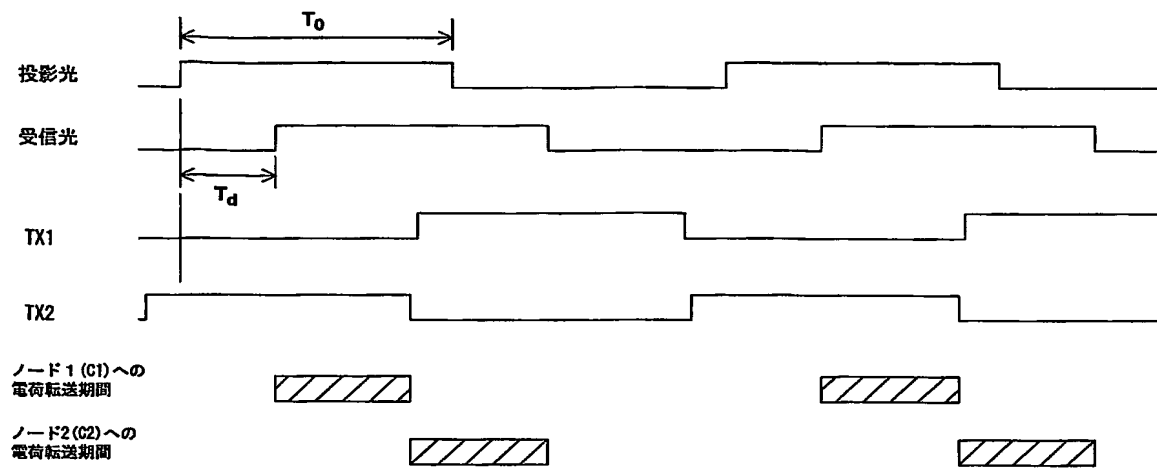
【図 10】







【図 13】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 従来の光の飛行時間を測定することで対象物までの距離を測る方法は、いずれも背景光を除去することは考慮されていない。また、電荷転送効率についても考慮されていない。

【構成】 変調光の遅れ時間に依存する2つの電荷蓄積ノードの信号の差を求め、これにより距離情報を得る距離画像センサにおいて、変調光の存在しない期間に第3の電荷蓄積ノードから、あるいは前記2つの電荷蓄積ノードから背景光による信号を得て、前記2つの電荷蓄積ノードの遅れ時間に依存する信号から差し引くことにより、背景の影響が取り除かれる。さらに、受光素子として埋め込み型ダイオード、ゲート手段としてMOSゲートを用いることにより電荷転送効率が向上する。他に入出力間に容量を設けた負帰還アンプを採用することによっても電荷転送効率が向上する。

【選択図】 図6

特願 2003-025609

出願人履歴情報

識別番号

[302021927]

1. 変更年月日

2002年 4月 8日

[変更理由]

新規登録

住 所

静岡県浜松市広沢1丁目22-12

氏 名

川人 祥二

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**